

PLANT&FOREST

Effect of cold storage method for ‘Sulhyang’ strawberry mother plants on mother plant growth and the number of runners and daughters

Inha Lee^{1*}, Hyun-Sook Kim¹, Myeong Hyeon Nam¹, Sang-Keun Oh^{2*}

¹Strawberry Research Institute, Chungcheongnam-do Agricultural Research & Extension Services, Nonsan 32914, Korea

²Department of Applied Biology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Corresponding authors: einha@korea.kr, sangkeun@cnu.ac.kr

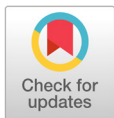
Abstract

This test was conducted to determine the appropriate conditions of temperature, storage period, and soil moisture content when using cold storage of potted mother plants of as a means of sufficient dormant breaking and safe overwintering of the strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Sulhyang) mother plants. In the treatment by temperature for the dormant breaking of strawberry mother plants, the survival rate of natural overwintering was 91%, whereas the survival rate was 100% at 0, - 2, and - 5°C. As the storage temperature was decreased, the plant height of the mother plants became shorter which tended to decrease after planting. Survival of the mother plants was possible at - 5°C, but after planting, the growth and number of daughter plants decreased significantly. The number of daughter plants was highest at 22.8 per plant at - 2°C storage. The strawberry mother plants could be stored for up to 8 months in cold storage. However, when the mother plants were stored for a long period, the number of daughter plants was small. When they were stored for 4 months, the growth of the mother plants was vigorous, and the number of runners and daughter plants was high. When the water content of the soil was less than 10 percent (% w/w) in the cold storage of the pot, the survival rate was 85 percent, which was high due to the dryness. The survival rate was 100 percent at 30 and above, and the growth of the mother plants after planting and the number of daughter plants were high at 30 to 50.

Keywords: cold storage, daughter plants, runners, strawberry mother plant

Introduction

딸기(*Fragaria* × *ananassa* Duch.)는 장미과에 속하는 다년생 작물이며 2019년을 기준으로 우리나라의 딸기 재배면적은 6,462 ha, 생산량은 206,000톤이며 생산액이 12,936억 원으로 과채류 중에서 중요한 소득원이다(MIFAFF, 2019). 국내에서 육성된 딸기 ‘설향’ (Kim et al., 2006)은 전국 딸기 재배 면적의 87.6% (KREI, 2019)를 차지하고 있는 국내 대표적인 품종으로 생육이 왕성하며 휴면이 얇고 화아분화가 빨라 특성재배에 의한 조기 수확이 가능하고 수확량이 많은



OPEN ACCESS

Citation: Lee I, Kim HS, Nam MH, Oh SK. 2020. Effect of cold storage method for ‘Sulhyang’ strawberry mother plants on mother plant growth and the number of runners and daughters. Korean Journal of Agricultural Science 47:625-632. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20200050>

Received: July 20, 2020

Revised: August 03, 2020

Accepted: August 03, 2020

Copyright: © 2020 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

다수성 품종이다. 육묘기 탄저병과 시들음병에 약하며 수확기에는 흰가루병에 저항성이나 잿빛곰팡이병은 저온 다습한 환경과 영양원의 영향을 받는다(Nam et al., 2019). '설향' 품종의 재배 확대로 육묘 방식 또한 과거의 노지 육묘에서 비가림 시설을 이용한 포트 육묘 방식으로 전환되고 있다(Lee, 2008; Kim et al., 2012). 과채류는 육묘의 중요성이 큰 것으로 알려져 있는데 특히 딸기는 육묘의 비중이 매우 크며(Jun et al., 2014) 먼저 모주의 관리 기술을 파악하는 것이 중요하다(Jun et al., 2015).

딸기 모주는 충분한 저온이 경과되어 휴면이 타파되어야 이듬해 런너와 자묘의 발생이 많게 된다(Darrow, 1936; Pringer and Scott, 1964). Watanabe et al. (2009)은 4°C 이하의 저온에서 0-250시간 저온 저장한 모주보다 500-1,500시간 저온 저장한 모주에서 런너 발생이 왕성했다고 보고했다. 최근 국내에서 육성된 딸기 신품종들의 저온 감응성에 대한 연구에서 모주에 5°C 이하에서 1,000시간 이상 경과한 저온 처리가 런너와 자묘 발생을 촉진하였고 특히 '설향'은 저온 처리의 효과가 높은 것으로 보고되었다(Jun et al., 2015).

미국과 유럽에서는 노지에서 육묘한 딸기묘를 11월 하순부터 캐서 -1.5°C에서 장기간 저온 저장하는 방법이 상용화되어 있고 장기간 저장을 위해서 12월 하순부터 1월 중순 사이에 딸기묘를 캐서 6°C 이하에서 최소한 480시간 동안 충분히 저온 경과 시간을 거치면 뿌리의 당함량이 증가하는 것으로 보고되었다(Lieten, 1997). 저온 저장은 딸기묘를 안전하게 월동시킬 뿐만 아니라 자연적인 휴면 타파를 대신하는 방법이기도 하다(Lieten et al., 2005). 유럽 지역에서는 초기에는 저온 저장한 정식묘를 이른 봄에 재배하는 작형으로만 사용했던 반면 중부 유럽에서 수확 기간을 7월부터 다음해 1월까지 연장하기 위해 상업적인 방법으로 이용되었다(Lieten, 2002). 전분 축적량은 11월 중순에 캐낸 묘에서 가장 많았고, 저온 저장 시간이 길어질수록 관부의 굵기가 굵어지고 뿌리의 탄수화물 수준이 높아졌다(Palha, 2000).

우리나라의 딸기 재배농가는 겨울 기간 동안 딸기 모주 월동시 관행적으로 노지에 가식을 하거나 무가온 하우스에서 포트 상태로 보관을 하고 있어 이 과정에서 저온 경과가 충분하지 않아 런너 발생이 적거나 겨울철 혹한기 동해 피해와 관수 부주의로 인해 모주가 고사하는 사례가 빈번히 발생하는 것으로 알려져 있다.

이에 따라 본 연구는 딸기 모주의 충분한 휴면 타파와 안전한 월동을 위한 방법으로 '설향' 딸기 포트묘의 모주 저온 저장 시 온도, 기간 및 상토 수분 함량 조건을 구명하기 위하여 수행하였다.

Materials and Methods

시험 작물 및 모주 정식

포트육묘한 딸기 모주의 동절기 저온 저장 실험은 충남농업기술원 딸기연구소의 유리온실에서 수행하였다. 시험품종은 딸기연구소에서 육성한 '설향' (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Sulhyang)을 이용하였다. 실험에 이용되는 딸기 저온 저장용 모주는 휴면에 돌입하는 11월부터 포트묘를 준비하였다. '설향' 포트묘를 11월 20일에 0.03 - 0.1 mm 두께의 polyethylene 필름에 100주씩 넣고 밀봉한 뒤 플라스틱 상자(50 × 35 × 30 cm)에 넣어 저온 저장고(2.2 × 1.7 × 1.7 m, Geumhonaengyeol ENG, Deajeon, Korea)에 적재하였다(Fig. 1A and 1B). 이듬해인 2월 20일부터 저온 저장고에서 저장한 딸기묘를 꺼내어 딸기전용상토(코코피트 : 피트모스 : 펄라이트 = 65 : 17 : 10, Purumi, Seoulbio, Eumseong, Korea)를 충전한 직경 14 cm 개별 포트에 가식하고 10일간 비닐과 흰 색 부직포를 덮어 생육을 촉진시켰다(Fig. 1C). 생육을 촉진시킨 다음 3월 25일에 딸기연구소의 유리온실의 고설 육묘베드에서 플라스틱 화분(100 × 22 × 8 cm)에 주간 20 cm 간격으로 모주를 정식하였다.



Fig. 1. Cold storage of 'Sulhyang' strawberry mother plants and growth during nursery. (A) preparation of strawberry mother plants for cold storage, (B) cold storage of strawberry mother plants at - 2°C in a cold store room, (C) transplanting of strawberry mother plants after cold storage, (D) daughter plants growth of 90 days after transplanting of mother plants.

딸기 육묘 및 시비 방법

시험구 배치는 완전임의배치 3반복으로 처리당 30주를 조사하였다. 육묘 기간 중 모주와 자묘 증식용 상토는 딸기전용상토(코코피트 : 피트모스 : 펄라이트 = 65 : 17 : 10, Purumi, Seoulbio, Eumseong, Korea)를 사용하였다. 자묘 육묘용 연결포트는 점적관수 육묘상자(C형 32구, 68 × 34 × 10 cm³, 부피(물비중): 132 mL, Hwasung industries co., ltd., Okcheon, Korea)를 이용하였다. 배양액은 양액기(NMC-junior, Netafim Korea ltd., Korea)를 이용하여 모주 정식 후 1주일 후부터 추비용 관주비료(N-P-K-Mg = 20-20-20-2, Fericare, Dofagro, Pyeongtaek, Korea)를 EC (electrical conductivity) 0.6 - 0.8 dS·m⁻¹ 범위에서 자묘 육묘 기간 동안 공급하였다. 5월 상순부터 발생하는 자묘를 연결포트에 유인하여 6월 하순까지 약 2개월 동안 자묘 유인을 완료하였다(Fig. 1D).

모주 저온 저장방법에 대한 조사

모주의 저장 온도별 실험은 자연 월동(유리온실 온도: 1 - 25°C), 0, -2, -5°C에서 3개월간 저온 저장고(2.2 × 1.7 × 1.7 m³, Geumhonaengyeol ENG, Deajeon, Korea)에서 저장하였다. 자연 월동은 딸기연구소의 유리온실에서 가온을 하지 않은 상태에서 딸기묘를 점적 관수 육묘 상자(C형 32구, 68 × 34 × 10 cm³, 부피(물비중): 132 mL, Hwasung industries co., ltd., Okcheon, Korea)에서 보관하면서 주 1회 관수하였다. 모주의 적정 저온 저장 기간을 구명하기 위해 모주의 정식일인 3월 25일을 기준으로 역산하여 무처리(자연월동, 유리온실 온도: 1 - 25°C), -2°C에서 2, 4, 6, 8개월간 저온 저장하였다. 모주 저온 저장 시 적절한 상토 수분 함량을 구명하기 위하여 포트묘의 상토 수분함량을 10 (% , w/w)미만, 30 - 50,

60이상으로 설정하였고 수분함량은 증량법에 의하여 토양을 105°C에서 18시간 건조 후 건조 평형에 이를 때까지 건조시켜 감량을 건조에 대한 %로 계산하였다. 모주 정식 후 90일에 초장, 엽수, 관부 직경, 액아수, 런너수, 자묘수를 조사하였다.

통계분석 조사

통계 분석은 SAS 프로그램(SAS 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 Duncan의 다중검정(Duncan's multiple range test, $p < 0.05$)을 실시하였다.

Results and Discussion

저온 저장 온도에 따른 모주의 생육 및 생존율

딸기 '설향' 모주의 휴면타파를 위해 저온 저장 온도에 따른 모주의 생육과 런너 및 자묘 발생수를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 정식 후 모주의 초장은 자연 월동과 0°C처리에서 모주의 초장이 38.2 - 39.3 cm로 크게 자라는 것으로 나타났으며, -5°C처리에서는 정식 후 생육은 정상적으로 이루어졌으나 초장이 24.1 cm로 작아지는 경향을 보였다. 엽수는 초장과 마찬가지로 자연월동과 0°C처리에서 15.4 - 16.0개로 증가한 반면, -5°C처리에서는 10.2개로 감소하는 것으로 나타났다. 관부 직경은 자연 월동과 0°C, -2°C처리에서는 16.2 - 17.0 mm 범위의 분포를 보여 유의한 차이를 보이지 않았으나 -5°C처리에서 12.7 mm로 작아지는 경향을 보였다(Table 1).

Table 1. The effect of cold storage temperature on growth of strawberry mother plants.

Treatments (°C)	Plant height (cm)	No. of leaves (no./plant)	Crown diameter (mm)	No. of runners (no./plant)	No. of daughter plants (no./plant)
Control	39.3 ^a	15.4a	17.0a	6.2a	14.5c
0	38.2a	16.0a	18.3a	6.3a	18.8b
-2	30.0b	13.4ab	16.2a	7.2a	22.8a
-5	24.1c	10.2b	12.7b	7.0a	17.4bc

^z Values are average of 30 replications plants at 60 days after planting of mother plants.

a - c: Means carrying same letters within columns are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to Duncan's multiple rang test.

주당 런너 발생수는 처리 별로 6.2 - 7.0개 범위에 분포하여 통계적으로 유의차가 없었으나 처리 온도가 낮아질수록 런너 발생수가 증가하는 경향을 보이다가 -5°C에서는 감소하였다. 주당 자묘 발생수도 런너 발생수와 마찬가지로 처리 온도가 낮아질수록 증가하는 경향을 보이다가 -5°C처리에서는 감소하였는데 자연 월동처리에서 14.5개로 가장 크게 감소했던 반면 -2°C처리에서는 22.8개로 자연 월동처리에 비해 157% 수준으로 증가하였다. 생존율은 자연 월동 처리에서 91%를 나타냈으나 0, -2, -5°C처리에서는 100%를 보였다(Fig. 2). 이는 겨울 동안 온실에서 자연 월동을 하는 동안 관수의 불균형으로 인하여 고사주가 발생한 것으로 판단된다.

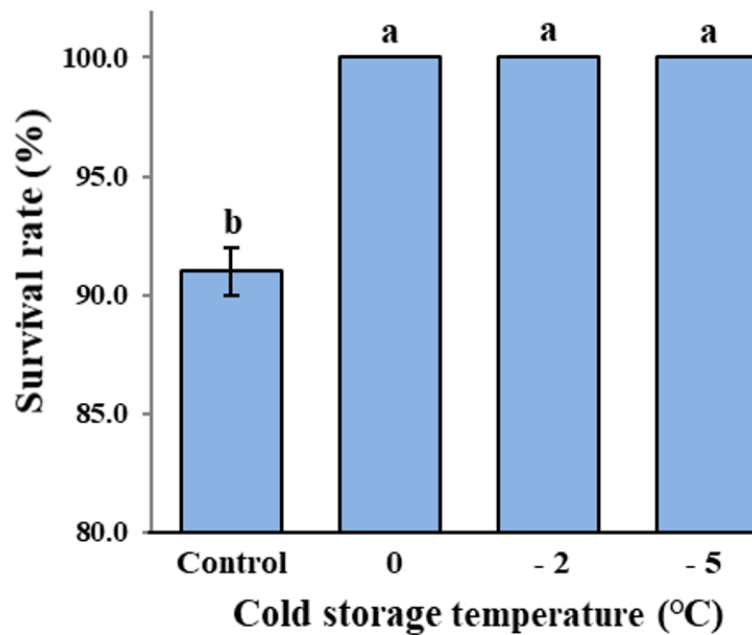


Fig. 2. The effect of cold storage temperature on the survival rate of strawberry mother plant. a, b: Means carrying same letters on columns are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to Duncan's multiple rang test.

저온 저장 기간에 따른 모주의 생육과 런너 및 자묘 발생수

모주의 저온 저장 기간을 달리하여 저장하고 모주를 정식한 후 생육과 런너 및 자묘 발생수를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 정식 후 모주의 초장은 4개월 간 저온 저장한 처리에서 30.2 cm로 통계적으로 유의하게 높았고 자연 월동 처리에서는 26.3 cm로 통계적으로 유의하게 낮았다. 엽장은 12.0 - 12.8 cm로 처리 구간의 유의한 차이가 없었다. 엽수는 저온 저장 기간이 4개월인 처리구에서 26.0개로 자연 월동 처리구와 비교하여 9.3매가 더 많았고, 저온 저장 기간이 8개월인 처리구에서 17.3개로 0.6매가 더 많았으나 통계적인 유의차는 없었다. 관부 직경은 저온 저장 기간이 4개월에서 8개월인 처리구에서 20.3 - 20.8 mm의 범위로 자연 월동 처리구보다 다소 굵었지만 처리간 유의차는 없었고, 자연 월동과 2개월 처리에서는 각각 16.2, 17.5 mm로 가늘게 나타났다(Table 2).

주당 런너 발생수는 저온 저장 기간이 4개월 처리구에서 6.2개로 자연 월동과 비교하여 1.7개가 더 많은 것으로 확인되었다. 주당 자묘 발생수는 저온 저장 기간이 2개월에서 6개월까지 23.3 - 26.3개의 범위로 자연 월동에 비해 증가하였고, 8개월 처리구에서는 20.9개로 감소하는 것으로 나타났다(Table 2). 이상의 결과로 딸기 모주는 8개월까지 장기간 저온 저장이 가능하나 장기간 저장 시 육묘 기간 중 모주의 엽수와 런너 및 자묘의 발생수가 적어서 충실한 자묘를 확보하는데 불리할 것으로 판단되며, 4개월간 저온 저장 시 육묘 기간 중 모주의 생육이 왕성하며 런너와 자묘 발생수가 가장 많은 것으로 나타났다. 딸기는 온도가 낮아지는 11월 중순부터 휴면에 돌입하고 11월 중순부터 캐넌묘에서 전분 축적량이 가장 많았다(Palha, 2000)는 결과로 볼 때, 모주 정식기인 3월 하순을 기준으로 4개월 전부터 저온 저장을 실시하는 것이 육묘기에 모주의 생육을 촉진하고 런너와 자묘 발생수를 증가시키는데 효과적인 방법이라고 판단된다.

Table 2. The effect of cold storage duration of mother plants on growth of strawberry mother plants.

Treatments (months)	Plant height (cm)	Length of leaves (cm)	No. of leaves (no./plant)	Crown diameter (mm)	No. of runners (no./plant)	No. of daughter plants (no./plant)
Control	26.3 ^b	12.0a	16.7c	16.2b	4.5b	20.4b
2	28.4ab	12.1a	21.6b	17.5b	5.6ab	23.3a
4	30.2a	12.6a	26.0a	20.8a	6.2a	26.3a
6	28.5ab	12.0a	19.2bc	20.3a	5.2ab	24.3a
8	29.0ab	12.8a	17.3c	20.4a	4.9b	20.9b

^z Values are average of 30 replications plants at 90 days after planting of mother plants.

a - c: Means carrying same letters within columns are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to Duncan's multiple rang test.

저온 저장 시 토양(상토) 수분함량에 따른 모주의 생육과 런너 및 자묘 발생량

포트묘 모주 저온 저장 시 토양(상토) 수분함량에 따른 모주의 생육과 런너 및 자묘 발생수는 Table 3과 같다. 모주 정식 후 초장은 상토의 수분함량이 30 - 50 (% w/w)일 때 28.9 cm로 상토 수분함량 10미만과 60이상보다 각각 17, 15% 수준으로 유의하게 높은 결과를 보여 모주의 저온 저장 기간 동안 상토의 수분함량이 모주의 초장에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다. 엽수는 9.8 - 12.4개로 처리구 간의 차이가 없었고, 관부 직경도 역시 12.6 - 16.2 mm로 처리구 간의 유의한 차이가 없는 것으로 확인되었다. 주당 런너 발생수는 상토의 수분함량이 30 - 50일 때 8.3개로 상토 수분함량 10미만 및 60이상과 비교하여 각각 53, 30% 수준으로 증가하는 것으로 나타났다. 주당 자묘 발생수는 상토의 수분함량이 30 - 50 (% w/w)일 때 21.2개로 상토 수분함량 10미만과 60이상보다 각각 29, 16% 수준으로 높은 결과를 보였다.

Table 3. The effect of soil moisture during cold storage of mother plants on growth of strawberry mother plants.

Soil moisture (% w/w)	Plant height (cm)	No. of leaves (no./plant)	Crown diameter (mm)	No. of runners (no./plant)	No. of daughter plants (no./plant)
< 10	24.7 ^b	9.8a	13.0a	5.4b	16.4c
30 - 50	28.9a	12.4a	16.2a	8.3a	21.2a
≥ 60	25.1b	11.4a	12.6a	6.4b	18.2b

^z Values are average of 30 replications plants at 90 days after planting of mother plants.

a - c: Means carrying same letters within columns are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to Duncan's multiple rang test.

모주의 생존율은 상토의 수분함량이 10 (% w/w)미만일 때 85%로 건조에 의한 고사율이 높았고, 30이상에서는 생존율이 100%를 나타냈다(Fig. 3). Park et al. (2019)은 영양생장 중인 '설향' 딸기 모주는 피트모스와 펄라이트를 7 : 3 (v/v)으로 혼합한 상토의 용적수분함량을 높게 설정할수록 식물 생육이 양호하였으나 양수분 소모량을 고려할 때 57%로 조절하는 것이 적합하다고 보고하였다. 또한 Raviv et al. (2019)은 함수량을 과도하게 높은 상태로 유지하면 가스 확산 불량에 의해 생장이 저해될 수 있다고 보고하였다. 위의 결과와 유사하게 본 연구에서도 모주 저온 저장 기간 동안 상토의 수분함량이 모주의 생육 및 육묘기 런너와 자묘 발생수에 영향을 미친 것으로 판단되며, 상토 수분함량이 10미만일 때 모주의 생존율이 현저하게 떨어지고 모주의 생육과 런너 및 자묘 발생량도 현저하게 감소하는 것으로 나타났다.

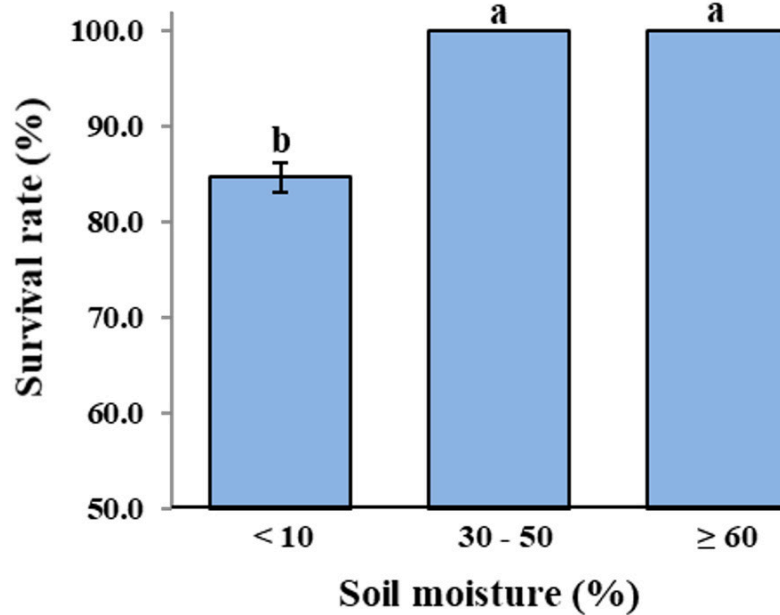


Fig. 3. The effect of soil moisture during cold storage of mother plants on the survival rate of strawberry mother plants. Means carrying same letters on columns are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to Duncan's multiple rang test.

이상의 결과로 '설향' 딸기 모주의 휴면 타파를 위한 포트묘의 저온 저장 조건은 온도 -2°C , 저장 기간 4개월이 가장 적당한 것으로 확인되었고, 저온 저장 전 포트묘의 상토 수분함량은 30 - 50 (% w/w)일 때 자연 월동에 비해 모주의 생육이 양호하였고, 자묘 획득율이 증가되어 농가에서 저온 저장고를 활용하여 효율적으로 모주를 월동 시킬 수 있는 방법으로 판단된다.

Conclusion

본 연구는 '설향' 모주의 충분한 휴면 타파와 안전한 월동을 위한 방법으로 포트묘의 모주 저온 저장 시 온도, 기간 및 상토 수분함량 조건을 구명하기 위하여 수행하였다. 딸기 모주의 휴면 타파를 위한 온도별 처리에서 자연월동은 생존율이 91%인데 반해 0, -2 , -5°C 에서는 생존율이 100%였다. 저장 온도가 낮을수록 정식 후 모주의 초장이 작아지는 경향이었고, -5°C 에서도 모주의 생존이 가능하였으나 정식 후 생육과 자묘 발생수가 현저하게 저하되었다. 자묘 발생수는 -2°C 저장에서 주당 22.8개로 가장 많았다. 모주의 저온 저장 기간은 8개월까지 장기간 저장이 가능하나 장기간 저장 시 자묘 발생수가 적었고 4개월간 저장 시 모주의 생육이 왕성하며 런너와 자묘 발생수가 많았다. 포트묘 모주 저온 저장 시 상토 수분함량은 10 (% w/w)미만일 때 생존율이 85%로 건조에 의한 고사율이 높았고, 30이상에서는 생존율이 100%였으며 30 - 50 (% w/w)일 때 모주 정식 후 생육 및 자묘 발생수가 많은 것으로 확인되었다.

Authors Information

Inha Lee, Strawberry Research Institute, Chungnam ARES, Agricultural researcher

Hyun-Sook Kim, Strawberry Research Institute, Chungnam ARES, Agricultural researcher

Myeong Hyeon Nam, Strawberry Research Institute, Chungnam ARES, Agricultural researcher

Sang-Keun Oh, <https://orcid.org/0000-0002-6538-9200>

References

- Darrow GM. 1936. Interrelation of temperature and photoperiodism in the production of fruit buds and runners in the strawberry. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 34:360-363.
- Jun HJ, Jeon EH, Kang SI, Bae GH. 2014. Optimum nutrient solution strength for Korean strawberry cultivar 'Daewang' during seedling period. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 32:812-818. [In Korean]
- Jun HJ, Jun EH, Kang SI, Bae KH. 2015. Effect of cold treatment for mother plants of new strawberry cultivars bred in Korea on the production of runners and daughter plants. *Protected Horticulture and Plant Factory* 24:8-12. [In Korean]
- Kim DY, Kim S, Kang YI, Yun HK, Yoon MK, Kim TI, Choi JM. 2012. Effect of runner cutting time on growth and yield during nursery of strawberry (cv. Maehyang and Seolhyang). *Journal of Bio-Environment Control* 21:385-391. [In Korean]
- Kim TI, Jang WS, Nam MH, Lee WK, Lee SS. 2006. Breeding of strawberry 'Sulhyang' for forcing culture. p. 231. *International Horticultural Congress 2006, Seoul, Korea. (Abstract)*
- KREI (Korea Rural Economic Institute). 2019. Monthly report on vegetable prospect (November). KREI, Seoul, Korea.
- Lee WK. 2008. Studies on nursery system and soil management for forcing culture of domestic strawberry cultivar in Korea. pp. 12-55. Ph.D. dissertation, Chungnam National Univ., Daejeon, Korea. [In Korean]
- Lieten F. 1997. Relationship of digging date, chilling and root carbohydrate content to storability of strawberry plants. *Acta Horticulturae* 439:623-626.
- Lieten P. 2002. The use of cold stored plant material in central Europe. *Acta Horticulturae* 567:553-560.
- Lieten P, Evenhuis B, Gianluca B. 2005. Cold storage of strawberry plants. *International Journal of Fruit Science* 5:75-82.
- MIFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2019. Fisheries production statistics. MIFAFF, Sejong, Korea.
- Nam MH, Lee HC, Kim TI. 2019. Effect of nitrogen types and the electrical conductivity of a nutrient solution on gray mold caused *Botrytis cinerea* on strawberry plants. *Korean Journal of Agricultural Science* 46:103-111. [In Korean]
- Palha MGS, Taylor DR, Monteiro AA. 2000. The effect of digging date and chilling history on root carbohydrate content and cropping of 'Chandler' and 'Douglas' strawberries in Portugal. *ISHS Acta Horticulturae* 567: IV International Strawberry Symposium.
- Park IS, Kim DY, Yoon HS, Choi JM. 2019. Influence of volumetric water content in a peat-perlite medium on mother plant growth and daughter plant occurrence during 'Seolhyang' strawberry propagation. *Horticultural Science and Technology* 37: 499-508. [In Korean]
- Pringer AA, Scott DH. 1964. Interrelation of photoperiod, chilling and flower-cluster and runner production by strawberry. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 84:295-301.
- Raviv M, Lieth JH, Bar-Tal A. 2019. *Soilless culture: Theory and practice*. 2nd Edition. pp. 637-662. Academic Press, NY, USA.
- Watanabe G, Yanagi T, Okuda N, Saito Y. 2009. Effect of cold storage duration on runner production in strawberry plants in winter. *Acta Horticulturae* 842:729-732.